ME-NETT 25
The 25th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

AMM12

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

การศึกษาและออกแบบเครื่องผ่าปลา

The Study and Design of Fish Cutting Machine

วชร กาลาสี*[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
* ติดต่อ: โทรศัพท์: 077 506 410, โทรสาร: 077 591 446
E-mail: kkwachar@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องผ่าปลาต้นแบบเพื่อใช้ในชุมชนและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งมีขั้นตอนในการศึกษาที่สำคัญ 2 ส่วน คือการสูญเสียน้ำหนักของปลาและขนาดความหนาของเนื้อปลาตรงกลางริ้วที่เหมาะสม จากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบ 952 รอบต่อนาที, 476 รอบต่อนาที และ 286 รอบต่อนาที พบว่าเครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพโดยรวม 92% และมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาที ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของปลา พบว่ามีค่าประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 286 รอบต่อนาที, มีค่าประมาณ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาทีและมีค่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 952 รอบต่อนาที สำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบในเวลา 1 ชั่วโมงพบว่า เครื่องต้นแบบจะมีกำลังการผลิตประมาณ 240 กิโลกรัม และมีอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าอยู่ที่ 4 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

คำหลัก: เครื่องผ่าปลา ชุดลำเลียง ความเร็วรอบ

Abstract

This research is aimed to build machine for cutting fish with belt flank. This machine is suitable to use in community and small industries. This research is divided into two parts, the loss of weight and the suitable thickness of middle stripe. This experiment is performed for speed of 952 rpm, 476 rpm and 286 rpm, respectively. The results are found that this machine has total efficiency of 92% and the highest efficiency at speed 476 rpm. In addition, the percentages of weight loss are of 2% at 286 rpm, about 2.5% at 476 rpm and about 10% at 952 rpm. Finally, the result shows that the capacity of this machine is about 240 kg. per hour and has the electrical consumption of about 4 kWh.

Keywords: Fish cutting machine, Conveyer, Revolution speed

1. บทนำ

เนื้อที่ทางภาคใต้ของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ติดกับทะเลทั้งสองฝั่ง โดยทิศตะวันออกติดทะเลอ่าวไทย ทิศตะวันตกติดทะเลอันดามัน ประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่เหล่านี้จะประกอบอาชีพประมงน้ำลึก ส่วนการทำประมงน้ำจืดนั้นจะกระจายไปแทบทุกจังหวัดในประเทศ ในอดีตชาวบ้านจะจับสัตว์น้ำแบบค่อยเป็นค่อยไป เนื่องจากเครื่องมือและเทคโนโลยียังไม่เฟื่องฟู ทำให้อัตราการจับสัตว์น้ำยังคงมีไม่มากนัก เป็นผลให้สัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาถูกนำไปใช้ประกอบ

อาหารภายในครัวเรือนหรือตากแห้งเพื่อถนอมอาหารเท่านั้น ต่างกับยุคปัจจุบันที่มีการพัฒนาและใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยจับสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้ผู้คนหันมาประกอบอาชีพประมงเพิ่มมากขึ้น ร่วมกับสภาพเศรษฐกิจที่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารทะเลขึ้น ทั้งอุตสาหกรรมปลากระป๋อง อุตสาหกรรมตากแห้งอบแห้ง และอุตสาหกรรมการแปรรูปแยกชิ้นส่วน เป็นต้น

สำหรับการแปรรูปอาหารทะเลในชุมชน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการทำปลาตากแห้งนั้น จะอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในการแปรรูปมีขนาดใหญ่และมีราคาสูง ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยเฉพาะค่าแรงของคนงาน จนบางครั้งอาจส่งสินค้าล่าช้าและไม่มีคุณภาพ จนอาจจะทำให้กิจการประสบปัญหาการขาดทุนได้

จากการศึกษาพบว่ามีนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความสนใจในการออกแบบและสร้างเครื่องผ่าปลา โดยเครื่องผ่าปลาต้นแบบของแต่ละท่านก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของปลาและวัตถุประสงค์การใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น Devanter et al. [1] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องผ่าปลาอัตโนมัติ โดยเครื่องจะคำนวณน้ำหนักก่อนส่งข้อมูลไปประมวลผล เพื่อให้ใบมีดตัดตัวปลาได้ตรงตำแหน่ง วิธีการนี้สามารถตัดชิ้นส่วนของปลาให้มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 170 ถึง 220 กรัม แต่มีระยะเวลาในการตัดตัวปลานานมาก Soerensen et al. [2] ได้สร้างเครื่องล้างเครื่องในปลา โดยเริ่มจากการยึดตัวปลาให้นิ่ง ก่อนใช้ใบมีดผ่าท้องปลาตามแนวยาว หลังจากนั้นจึงใช้ลมดูดเครื่องในออกจากตัวปลา แต่เกิดปัญหาที่บางครั้งใบมีดได้ผ่าตัวปลาขาดออกจากกัน ส่วน Reich et al. [3] ได้สร้างเครื่องผ่าปลากระเบน โดยใช้ชุดลำเลียงแบบลูกกระนาดที่ใช้โซ่สแตนเลส ลำเลียงตัวปลาสู่ใบมีดเพื่อตัดปีกของปลากระเบนออก แต่เครื่องก็ยังมีปัญหาในการตัดปีกปลากระเบนไม่ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ เนื่องจากการจับยึดปลากระเบนกับชุดลำเลียงยังไม่ดีพอ จึงเกิดการสูญเสียเนื้อปลากระเบนจนทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลง

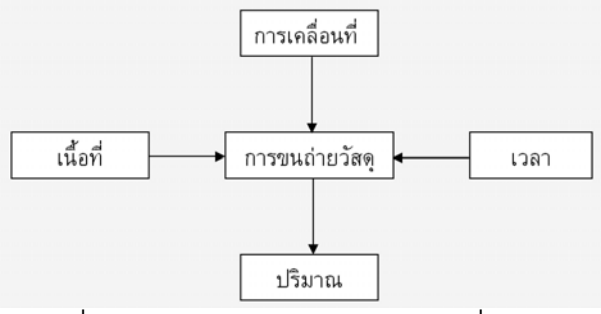
จากเหตุผลเหล่านี้จึงเกิดแนวคิดที่จะทำการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องผ่าปลาต้นแบบทดแทนแรงงานคน โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพในการผ่าปลาที่ต้องแม่นยำ รวดเร็ว และเกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อย ทำให้อุตสาหกรรมในครัวเรือนสามารถลดต้นทุนในการผลิต มีกำไรเพิ่มขึ้นและสามารถแข่งขันในตลาดได้

2. ทฤษฎี

กระบวนการผ่าปลาในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระบบสายพานลำเลียงเข้ามาลำเลียงปลาให้ผ่านใบมีดในตำแหน่งและระยะที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยนี้มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คือ

2.1 การขนถ่ายวัสดุ

การขนถ่ายวัสดุ หรือ Materials handling หมายถึงการจัดเตรียมสถานที่และตำแหน่งของวัสดุเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายหรือเก็บรักษา ซึ่งการที่จะทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้ได้ก็จำเป็นต้องอาศัยศิลปะในการสรรหาเครื่องมือและอุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุมาใช้ให้เหมาะสมกับงาน รวมไปถึงการออกแบบสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะสมและเป็นไปอย่างมีระบบ ซึ่งการขนถ่ายวัสดุมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ การเคลื่อนที่ (Motion) เวลา (Time) ปริมาณ (Quantity) และเนื้อที่ (Space) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การขนถ่ายวัสดุกับองค์ประกอบที่สำคัญ

2.2 สายพานลำเลียง

สายพาน PVC และสายพาน PU เป็นสายพานลำเลียง (Conveyor Belt) ที่ใช้งานขนาดเบาโดย

โครงสร้าง (Structure) จะประกอบด้วยกันสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นเส้นใยทำหน้าที่รับแรงดึงและส่วนที่เป็นผิวทำหน้าที่ป้องกันเส้นใยไม่ให้เสียหาย การเลือกใช้สายพานลำเลียงนั้น ควรเลือกพิจารณาผิวของสายพานให้เหมาะสมกับการใช้งาน [4] คือ

1. ผิวของสายพานจะต้องทนต่อความสึกหรอ (Wear Resistance)

2. ผิวของสายพานจะต้องทนต่อความร้อน (Heat Resistance)

3. ผิวของสายพานจะต้องทนน้ำมัน (Oil Resistance)

4 ผิวของสายพานจะต้องทนต่อสารเคมี (Chemical Resistance)

5. ผิวของสายพานจะต้องทนต่อเปลวไฟ (Flame Resistance)

6. สายพานต้องมีสามารถสำหรับการใช้งานในทางลาดเอียงได้ (Inclined/ Declined)

สำหรับสารที่ถูกนำมาใช้ในการเคลือบผิวสายพาน (Coated Material) นั้น มีอยู่หลายชนิด คือ

1 PVC ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วๆไปที่มีสิ่งแวดล้อมปกติ

2 PU ทนความร้อน ทนสารเคมี ทนสารเสียดสี ใช้งานได้หนักกว่าสายพาน PVC ใช้ในโรงงานเหล้า โรงงานเชือกไนล่อน โรงงานผลิตภัณฑ์ไม้

3 SBR การใช้งานใกล้เคียงกับยางธรรมชาติ ทนต่อน้ำมันเบรกและทนการสึกหรอดี ต้านทานไฟฟ้า ใช้ในโรงงานทั่วไป

4 NBR ทนน้ำมันประเภทปิโตรเลียม น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันพืช/สัตว์ ยกเว้น น้ำมันเชื้อเพลิง ทนสารเคมี ทนการเสียดสี ทนร้อน ใช้ในโรงงานทอผ้า/ฟอกย้อม โรงงานสังกะสี โรงงานกระดาษ โรงพิมพ์

5 NR ทนต่อการเสียดสี ทนต่อแรงกดอัดได้ดี ใช้ในโรงงานทอผ้าโรงงานกล่องกระดาษ และโรงงานทั่วไป

2.3 สปริง

สปริงถูกนำมาใช้ในการเพิ่มแรงกดของสายพานที่กระทำต่อตัวปลา ในขั้นตอนการลำเลียงปลาผ่านใบมีดซึ่งมีสมการ [5] คือ

$$k = \frac{F}{\sigma} \qquad (1)$$

โดยที่ k คือ ความแข็งตึงของสปริง (Spring Stiffness)

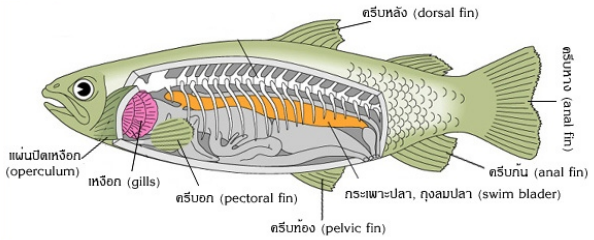
F คือ แรงกด

σ คือ ระยะยุบตัวของสปริง

2.4 ลักษณะจำเพาะของปลาที่ใช้ทดลอง

ปลาโอ (Skipjack tuna) ดังรูปที่ 2 ถูกนำมาใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ ลักษณะของปลาโอนั้นจะมีลำตัวเพรียว หัวแหลมท้ายแหลม ลำตัวกลมแข็งแรง ครีบหางใหญ่ แฉกเป็นวงเดือน หนังบางและไม่มีเกล็ด ลำตัวด้านหลังมีสีน้ำเงินเข้ม ส่วนท้องเป็นสีเทาเงิน ปลาโอสามารถว่ายน้ำได้รวดเร็วมาก

ปลาโอในทะเลไทยมีหลายชนิด [6] เช่น ปลาโอลาย ซึ่งเป็นปลาขนาดกลาง มีลวดลายสีดำเหมือนกับลายเสือโคร่งพาดอยู่ตลอดตั้งแต่ครีบหลังจนถึงโคนหาง ปลาโอแถบเป็นปลาที่มีลักษณะคล้ายปลาโอโดยทั่วไป แต่จะมีแถบดำเป็นเส้นยาวอยู่ที่ท้องด้านละสี่แถบ ส่วนปลาโอดำหรือโอหม้อเป็นปลาขนาดเล็กกว่าและไม่มีลาย ปลาโอชอบอยู่รวมกันเป็นฝูงใหญ่เพื่อไล่กินเหยื่อที่อยู่ผิวน้ำ โดยเฉพาะปลาขนาดเล็ก และลูกปลาหมึกเป็นอาหาร แต่ปลาโอจะเป็นเหยื่อของปลากะโทงแทงและปลาฉลาม ปลาโอนั้นจัดเป็นปลาเศรษฐกิจที่ถูกนำมาแปรรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย [7, 8]



รูปที่ 2 รูปทางกายภาพของปลาโอ

3. การทดลองเบื้องต้น

ในการศึกษาวิจัยนี้จะต้องทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะของเครื่องผ่าปลา โดยใช้ปลาโอลายที่มีน้ำหนักต่อตัวประมาณ 250 กรัม เป็นตัวอย่างทดลอง แต่เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับ

น้ำหนักของปลาโอที่สูญเสียไปจากการผ่าปลาและความหนาของเนื้อปลาโอตรงกลางริ้วที่เหมาะสมที่เหลืออยู่หลังจากการผ่า (ดูรูปที่ 3) ที่ไม่ทำให้ปลาโอขาดออกจากกันหรือมีความหนามากเกินไป จนทำให้เกิดการเสียเวลาในกระบวนการตากแห้งและเป็นผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาค่ามาตรฐานเหล่านี้ก่อน โดยใช้แรงงานคนที่มีความชำนาญทำการผ่าปลาโอ เพื่อเป็นข้อมูลในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

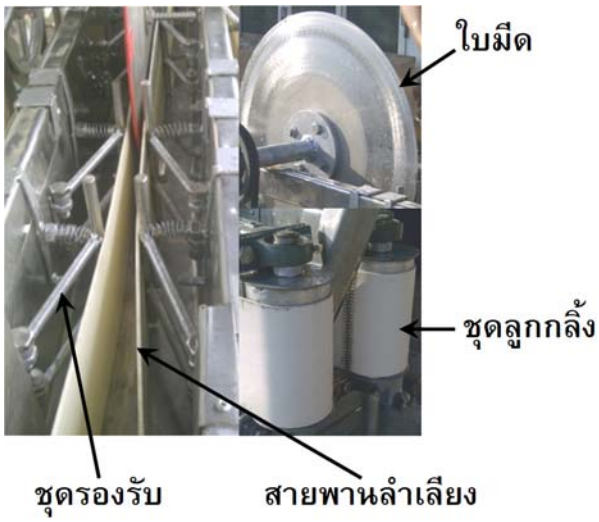
รูปที่ 3 ความหนาของเนื้อของปลาโอ

จากการทดลองเบื้องต้น ดังรูปที่ 3 พบว่าความหนาของเนื้อปลาโอตรงกลางริ้วที่เหลืออยู่ก่อนนำไปตากแห้ง หลังจากการผ่าโดยแรงงานคนที่มีความชำนาญนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 เซนติเมตร โดยหากริ้วกลางตัวปลานั้นมีความหนาน้อยกว่า 0.5 เซนติเมตร ก็จะทำให้ปลาโอมีโอกาสขาดออกจากกันได้ง่ายในระหว่างการเคลื่อนย้ายและตากแห้ง ส่วนในกรณีความหนาของริ้วกลางตัวปลามากกว่า 1.0 เซนติเมตร ก็จะทำให้เกิดปัญหาในการแผ่ปลาโอก่อนนำไปตากแห้ง ซึ่งจะทำให้เนื้อปลาช้ำไม่สวยงาม สำหรับน้ำหนักของปลาโอที่สูญเสียไปจากการผ่าปลาโดยแรงงานคนที่มีความชำนาญนั้น พบว่าจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.1 กิโลกรัม โดยน้ำหนักที่หายไปนั้น คงจะเป็นน้ำหนักจากน้ำและเลือดปลาที่สูญเสียไปเป็นส่วนใหญ่

4. การสร้างชุดลำเลียงและการหาลักษณะของใบมีด

สำหรับการสร้างชุดลำเลียงในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาและทดสอบชุดลำเลียง 2 ชนิด คือชุดลำเลียงแบบลูกระนาดที่ใช้โซ่สแตนเลส และชุดลำเลียงที่ใช้สายพานลำเลียง จากการศึกษาพบว่า ชุดลำเลียงแบบลูกระนาดนั้นไม่สามารถกดตัวปลาให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการได้ตลอดเวลา ทำให้เกิดปัญหาในการผ่าปลา แตกต่างจากชุดลำเลียงที่ใช้สายพานทำหน้าที่ลำเลียงตัวปลาเข้าสู่ใบมีด ซึ่งได้ออกแบบให้มีชุดรองรับภายในข้างละ 3 ตัว พร้อมทั้งใช้สปริงเป็นตัวเพิ่มแรงกด ทำให้ช่องลำเลียงตัวปลานั้นสามารถกดและขยายได้ตามขนาดของตัวปลา ระบบลำเลียงนี้จะมีชุดลูกกลิ้งจำนวน 2 ชุด คือลูกกลิ้งตัวขับและลูกกลิ้งตัวตามทำหน้าที่หมุนสายพานลำเลียง ดังรูปที่ 4

ส่วนการศึกษาเพื่อหาลักษณะของใบมีดที่เหมาะสมสำหรับการผ่าปลานั้น เริ่มแรกได้ใช้ใบมีดที่มีคมตามยาวทำการทดสอบ แต่พบปัญหาการผ่าปลาโดยเฉพาะส่วนของหัวปลาที่ไม่สามารถผ่าได้ ดังนั้นจึงมีการออกแบบและสร้างใบมีดใหม่ ซึ่งใบมีดที่ใช้จะมีลักษณะเป็นวงกลมคล้ายกับใบเลื่อยวงเดือน ดังรูปที่ 4 โดยใบมีดจะทำจากสแตนเลสหนา 12.5 มิลลิเมตร ส่วนคมของใบมีดนั้นจะทำเลียนแบบมีดผ่าปลาโดยทั่วไป



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของเครื่องผ่าปลาต้นแบบ

5. อุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษา ออกแบบและสร้างเครื่องผ่าปลาต้นแบบเพื่อใช้ในชุมชนและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งได้แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน คือการผ่าปลาโอโดยใช้แรงงานคนที่มีความชำนาญ และการผ่าปลาโอโดยใช้เครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ สมรรถนะและต้นทุนการผลิต ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบไปด้วย

1. เครื่องผ่าปลาต้นแบบ ดังรูปที่ 5
2. เครื่องชั่งดิจิตอล 3 ตำแหน่ง (UWE geriweigher รุ่น GW-30K) สำหรับชั่งน้ำหนักของปลาโอ
3. นาฬิกาจับเวลา (Casio)
4. กล้องดิจิตอล (Sony)
5. แรงงานคนที่ทดสอบผ่าปลา
6. ปลาโอ จำนวน 350 กิโลกรัม

การทดสอบเริ่มต้นด้วยการคัดขนาดของปลาโอที่จะนำมาทดสอบให้มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกัน จำนวน 12 ชุด ชุดละ 10 ตัว สำหรับกรณีการผ่าปลาโอโดยใช้แรงงานคนและใช้เครื่องต้นแบบที่ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 952 รอบต่อนาที, 476 รอบต่อนาที และ 286 รอบต่อนาที ตามลำดับ เพื่อหาความเร็วรอบของการใช้งานที่เหมาะสม ก่อนนำไปคำนวณหาสมรรถนะ การสูญเสียน้ำหนัก กำลังการผลิต และความหนาของเนื้อปลาตรงกลางริ้วที่เหลืออยู่ เพื่อนำไปหาต้นทุนการผลิตและเปรียบเทียบกับแรงงานคนต่อไป

รูปที่ 5 เครื่องผ่าปลาต้นแบบ

ส่วนการหาประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องต้นแบบนั้น ได้ทำการทดสอบโดยการนำปลาโอที่ที่มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกัน จำนวน 3 ชุด ชุดละ 50 ตัว มาผ่าโดยจะใช้ความเร็วรอบที่ดีที่สุด ซึ่งได้จากการทดสอบก่อนหน้า ซึ่งประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องต้นแบบสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Eff = \frac{\text{จำนวนปลาโอที่ยอมรับได้}}{\text{จำนวนปลาโอทั้งหมด}} \qquad (2)$$

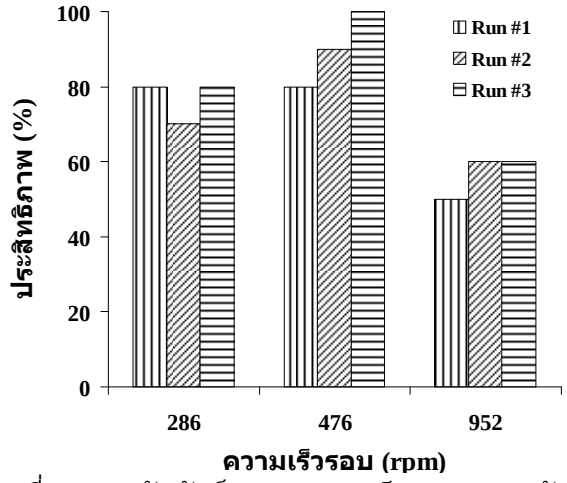
โดยที่ Eff คือ ประสิทธิภาพโดยรวม (%)

6. ผลการทดสอบและวิจารณ์

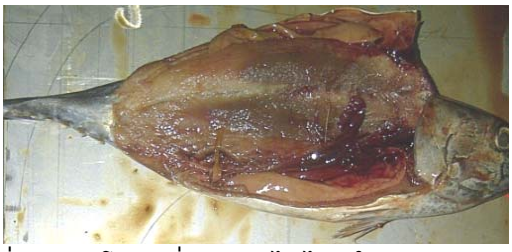
6.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องผ่าปลาต้นแบบ

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องผ่าปลาต้นแบบ เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมพบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของเครื่องต้นแบบคือ 476 รอบต่อนาที เนื่องจากเป็นความเร็วรอบที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังรูปที่ 6 ส่วนที่ความเร็วรอบ 286 รอบต่อนาทีนั้น สายพานจะลำเลียงปลาโอช้าจนเกินไป จนทำให้บางครั้งปลาโอจะถูกผ่าขาดออกจากกันเป็น 2 ซีก ซึ่งแตกต่างกับที่ความเร็วรอบ 952 รอบต่อนาทีที่สายพานจะลำเลียงปลาโอเร็วจนเกินไป รวมถึงใบมีดจะหมุนเร็วและแรง ทำให้ในการทดลองบางครั้งปลาโอจะเหลือความหนาของริ้วกลางลำตัวสูงถึง 2.0 เซนติเมตร (ดูรูปที่ 7) และยังเกิดการกระจัดกระจายของเลือดและเครื่องในปลารอบๆ บริเวณที่ทดสอบ

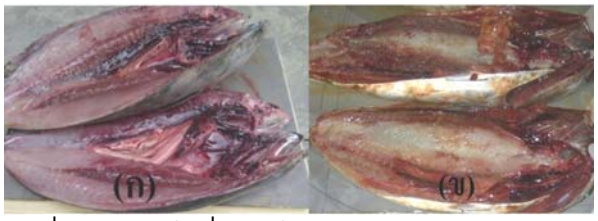
สำหรับปลาโอที่ถูกผ่าโดยเครื่องต้นแบบนั้นจะถูกนำมาพิจารณาว่ายอมรับได้หรือไม่ โดยการนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ดูรูปที่ 7 และ 8) ซึ่งได้จากการทดสอบเบื้องต้นโดยการใช้แรงงานคน โดยปลาโอที่ถูกเครื่องต้นแบบผ่าและยอมรับได้นั้น เนื้อปลาต้องไม่ช้ำและจะต้องมีความหนาของเนื้อปลาตรงกลางริ้วที่เหลืออยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1.0 เซนติเมตร เพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับประสิทธิภาพ (%)

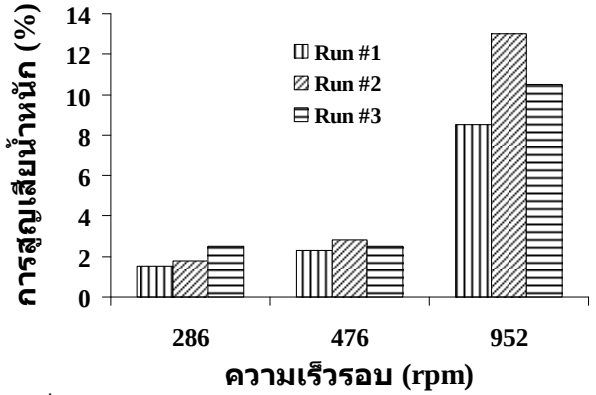


รูปที่ 7 ปลาโอผ่าที่ยอมรับไม่ได้ (ใช้ความเร็วรอบ 952 รอบต่อนาที)

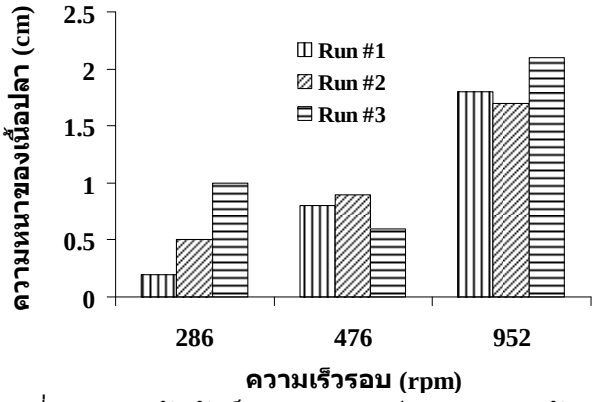


รูปที่ 8 (ก) ปลาโอที่ถูกผ่าโดยแรงงานคน (ค่ามาตรฐาน) (ข) ปลาโอที่ถูกผ่าโดยเครื่องต้นแบบ (ยอมรับได้)

รูปที่ 9 แสดงการสูญเสียน้ำหนักของปลาโอตัวอย่างที่นำมาทดสอบผ่าโดยใช้เครื่องต้นแบบ ซึ่งจากการทดสอบพบว่า ที่ความเร็วรอบ 286 รอบต่อนาที ปลาโอจะมีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ จากเลือดและน้ำในตัวปลา และพบว่ามีค่าประมาณ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาที ส่วนที่ความเร็วรอบ 952 รอบต่อนาที จะมีค่าสูงถึงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีการสูญเสียเครื่องในปลาเพิ่มขึ้นมา



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับการสูญเสียน้ำหนัก (%)



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (rpm) กับความหนาของเนื้อปลาตรงกลางริ้ว (cm)

จากรูปที่ 10 พบว่าความหนาของเนื้อปลาตรงกลางริ้วที่เหลืออยู่จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของเครื่องต้นแบบ โดยความหนาของเนื้อปลาตรงกลางริ้วจะเพิ่มขึ้น เมื่อเครื่องต้นแบบมีความเร็วรอบสูงขึ้น เห็นได้จากที่ความเร็วรอบ 286 รอบต่อนาทีนั้น เนื้อปลาตรงกลางริ้วจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0 ถึง 1.0 เซนติเมตร แต่เหตุผลที่ไม่เลือกความเร็วรอบนี้มาใช้งาน เนื่องจากในการทดสอบบางครั้งปลาโอจะถูกผ่าขาดออกจากกันเป็น 2 ซีก ส่วนที่ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาที เนื้อปลาตรงกลางริ้วจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1.2 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่ผ่าโดยแรงงานคนที่มีความชำนาญ โดยมีความหนาเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 เซนติเมตร จึงถูกนำไปใช้สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมและหาสมรรถนะของเครื่องต่อไป สำหรับการผ่า

ปลาโอด้วยเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบ 952 รอบต่อนาทีนั้น พบว่ามีปลาโอมากกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่สามารถยอมรับได้ (ดูรูปที่ 7 ประกอบ)

ส่วนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องผ่าปลาต้นแบบ ซึ่งใช้ปลาโอเป็นตัวอย่างการทดลองนั้น พบว่าเครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพโดยรวม 92% ที่ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาที ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาที

ครั้งที่	ปลาที่ทดสอบ (ตัว)	ปลาที่ยอมรับ (ตัว)	ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)
1	50	48	96
2	50	43	86
3	50	46	92

สำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบในเวลา 1 ชั่วโมงพบว่า เครื่องต้นแบบจะมีกำลังการผลิตประมาณ 240 กิโลกรัม และมีอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าอยู่ที่ 4 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

6.2 การทดสอบผ่าปลาโอด้วยแรงงานคน

เมื่อนำแรงงานคนที่มีความชำนาญมาทำการทดสอบผ่าปลาโอ พบว่าในเวลา 1 ชั่วโมง แรงงานคนสามารถผ่าปลาโอได้ประมาณ 50 กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยกว่าการผ่าด้วยเครื่องต้นแบบถึง 4.8 เท่า แต่ปลาโอที่ถูกผ่านั้นสามารถยอมรับได้ทั้งหมด

เมื่อนำต้นทุนการผลิตของทั้ง 2 กรณี มาวิเคราะห์จุดคุ้มทุน พบว่าเครื่องผ่าปลาต้นแบบจะมีต้นทุนเครื่องจักรที่ 25,000 บาท มีต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ 35,040 บาท ต่อปี (1 ชั่วโมง ใช้ไฟฟ้า 4 ยูนิต ดังนั้น 1 ปี จะใช้ไฟฟ้า 11,680 ยูนิต และคิดค่าไฟฟ้ายูนิตละ 3 บาท) และมีต้นทุนค่าแรงงาน 91,250 บาท ต่อปี (แรงงานคน 1 คน สำหรับการเก็บปลาโอที่ผ่าแล้ว) ส่วนการใช้แรงงานคนจะไม่เสียค่าไฟฟ้า แต่จะเสียค่าจ้างวันละ 250 บาทต่อคนแทน ซึ่งค่าแรงต่อวันทั้งหมดจะมีค่าเป็น 1200 บาท (เครื่องต้นแบบมีกำลังการผลิตมากกว่าแรงงานคน 4.8 เท่า) คิดเป็นปีละ 438,000 บาท ดังนั้นจุดคุ้มทุนของเครื่องต้นแบบจึงมีค่า 0.35 ปี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จุดคุ้มทุนของเครื่องผ่าปลาต้นแบบ

รายการ	ราคา (บาท)
1. ต้นทุนทั้งหมด	151,250
2. การลดต้นทุนค่าแรง (ต่อปี)	438,000
3. ระยะเวลาคืนทุน	0.35 ปี

6.3 การทดสอบผ่าปลาประเภทอื่น

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบผ่าปลาชนิดอื่นนอกเหนือจากปลาโอ เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยได้นำปลาแข้งไก่และปลาตาโตมาเป็นตัวอย่างทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าเครื่องผ่าปลาต้นแบบสามารถผ่าปลาแข้งไก่ได้เช่นเดียวกับปลาโอ แต่แทบจะไม่สามารถผ่าปลาตาโตได้ ดังรูปที่ 11 ซึ่งหมายความว่าเครื่องผ่าปลาต้นแบบยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้อย่างทั่วถึงต่อไป

รูปที่ 11 (ก) ปลาโอที่ถูกผ่าโดยเครื่องต้นแบบ
(ข) ปลาแข้งไก่ที่ถูกผ่าโดยเครื่องต้นแบบ
(ค) ปลาตาโตที่ถูกผ่าโดยเครื่องต้นแบบ

7. สรุปผล

จากการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องผ่าปลาต้นแบบพบว่า เครื่องผ่าปลาต้นแบบนั้นจะใช้สายพานและชุดลูกกลิ้งทำหน้าที่ลำเลียงตัวปลาให้หงายอยู่เสมอ ก่อนจะถูกผ่าด้วยใบมีดที่มีลักษณะคล้ายกับใบเลื่อยวงเดือน จากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ พบว่าเครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพโดยรวม 92% และมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาที ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของปลา พบว่าที่ความเร็วรอบ 286 รอบต่อนาที มีค่าประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์, ที่ความเร็วรอบ 476 รอบต่อนาที มีค่าประมาณ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเร็วรอบ 952 รอบต่อนาที มีค่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบในเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าเครื่องต้นแบบจะมีกำลังการผลิตประมาณ 240 กิโลกรัม และมีอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าอยู่ที่ 4 กิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยมีระยะเวลาการคืนทุน 0.35 ปี

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้โอกาสในการทำงานวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Devanter, D.E., Moore, K.R. And Tomlin, J.S. (2005). Automatic Portion-Cutting Method and Machine, US: patent.

[2] Soerensen, E. and Svanborg, L. (1997). Fish Cleaning Machine and Method, US: Patent.

[3] Reich R., Mo O. and Olesen, J. (1991). Machine for Cutting Wings of Skate Fish, US: Patent.

[4] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ (2549). การออกแบบเครื่องจักรกล, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน

[5] มานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2540). การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล I, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน

[6] วันทนา อยู่สุข (2539). อนุกรมวิธานสัตว์, *จดหมายข่าวราชบัณฑิตยสถาน*, 6 (56), มกราคม 2539

[7] วชิระ อุทัยพัฒน์ (2532). ระบบตลาดและราคาปลาโอ (ปลาทูน่า) ในประเทศไทย, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[8] Runglerdkriangkrai, J., Hiruntrakool, P. and Raksakulthai, N. (2006). Production of Fish Flake from Eastern Little Tuna (Euthynnus affinis), *Food Journal (Thailand)*, vol. 36(4) pp.327-333